CORONAVÍRUS
COVID-19

Uso da tecnologia do gás de ozônio na purificação do ar ambiente contra o coronavírus submetidas pela empresa Astech Serviços e Fabricação Ltda®

Abril/2020

Departamento de Gestão e Incorporação de Tecnologias
e Inovação em Saúde – DGITIS/SCTIE/MS

MINISTÉRIO DA SAÚDE
SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E INSUMOS ESTRATÉGICOS EM SAÚDE
DEPARTAMENTO DE GESTÃO E INCORPORAÇÃO DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM SAÚDE
COORDENAÇÃO-GERAL DE GESTÃO DE TECNOLOGIAS EM SAÚDE
COORDENAÇÃO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SAÚDE E
COORDENAÇÃO DE INCORPORAÇÃO DE TECNOLOGIAS

Uso da tecnologia do gás de ozônio na purificação do ar ambiente contra o coronavírus submetidas pela empresa Astech Serviços e Fabricação Ltda®

Brasília – DF
Abril de 2020

NOTA TÉCNICA

ASSUNTO: uso da tecnologia do gás de ozônio na purificação do ar ambiente contra o coronavírus

1. OBJETIVO

Esta nota técnica tem por objetivo a apresentação da avaliação técnica sobre as **informações referentes ao uso da tecnologia do gás de ozônio na purificação do ar ambiente contra o coronavírus submetidas pela empresa** Astech Serviços e Fabricação Ltda®**.**

2. DOS FATOS

Trata-se do e-mail S/N, referência 0013938305, anexado ao processo 25000.035025/2020-15, por meio do qual a empresa Astech Serviços e Fabricação Ltda® submeteu, em 12 de março de 2020, documento com descrição da utilização de ozônio para a purificação de ar visando à eliminação do coronavírus e evitar a enfermidade que ele causa, qual seja, a COVID-19. O processo foi recebido por essa coordenação em 03 de abril de 2020.

3. DA ANÁLISE

A - DA LEGISLAÇÃO SANITÁRIA

No Brasil, as autoridades sanitárias tratam da qualidade do ar interior por meio de uma série de portarias, resoluções, instruções normativas e normas técnicas emitidas principalmente pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), pelo Ministério da Saúde e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Trata-se de um tema bastante abrangente, dado que as recomendações ou abordagens para controle e manutenção da qualidade do ar interno e externo (exaustão) variam amplamente em função das diferentes atividades a que se destinam as edificações ou ambientes nos quais a qualidade do ar deve ser monitorada. Além disso, certos aspectos como os grupos populacionais que frequentam esses ambientes e as características dos equipamentos que abrigam são de fundamental importância na escolha da melhor abordagem para a gestão da qualidade do ar interno.

O controle e manutenção da qualidade do ar interno envolvem procedimentos que se iniciam – mas não se restringem – no adequado planejamento dos projetos físicos das edificações e ambientes destinados às diversas atividades relacionadas à saúde, tais como o atendimento e internação de pacientes, a realização de procedimentos cirúrgicos e diagnósticos, a produção e controle de medicamentos e equipamentos de saúde, o armazenamento de sangue, órgãos e tecidos humanos, entre outras. Além disso, são observados aspectos relacionados à medicina do trabalho e à segurança dos indivíduos em ambientes fechados e climatizados artificialmente.

A Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA (RDC) nº 50, de 21 de fevereiro de 2002, dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), e sobre o controle e a manutenção da qualidade do ar interno em ambientes funcionais dos EAS que demandam sistemas comuns de controle das condições ambientais higrotérmicas e de qualidade do ar[1]. Segundo o referido dispositivo, tanto as edificações quanto os ambientes ou áreas separadas nesses locais devem ser classificadas quanto ao controle da qualidade do ar interno da seguinte forma: 1) unidades funcionais que não carecem de condições especiais de temperatura, umidade e qualidade do ar, para as quais a ventilação e exaustão podem ser diretas ou indiretas, observando-se o código de obras local; e 2) ambientes funcionais que demandam sistemas especiais de controle de qualidade do ar porque devem apresentar maiores níveis de assepsia.

No caso do segundo grupo, isso pode se dar em função de uma série de fatores:

- produção de odores devido às atividades neles desenvolvidas podem produzir odores (necessitam de exaustão mecânica);

[1] https://sbim.org.br/images/legislacao/rdc-2002-50.pdf

- poluição do ar (necessitam de ventilação direta associada à exaustão mecânica);
- maior tempo de permanência dos pacientes nos mesmos (esses ambientes correspondem a certas unidades funcionais que carecem de condições especiais de temperatura, umidade e qualidade do ar, devendo-se buscar as melhores condições das mesmas por meio de ventilação e exaustão diretas), como as salas de atendimento imediato, observação e internação, como quartos, enfermarias e áreas de recreação;
- características particulares dos equipamentos que abrigam (esses ambientes carecem de condições especiais de temperatura, umidade e qualidade do ar, demandando climatização artificial e necessitando de exaustão mecânica); e
- características particulares dos equipamentos que abrigam e das atividades que neles se desenvolvem (esses ambientes carecem de condições especiais de temperatura, umidade e qualidade do ar, pois, por abrigarem equipamentos e atividades geradoras de calor, demandam ventilação direta associada à necessidade de exaustão mecânica).

Em relação ao desempenho dos estabelecimentos de assistência à saúde quanto a condições ambientais que interferem no controle de infecção, destacam-se dois componentes técnicos, indispensáveis e complementares:

- o componente de procedimentos nos EAS, em relação a pessoas, utensílios, roupas e resíduos; e
- o componente arquitetônico dos EAS, referente a uma série de elementos construtivos, como: padrões de circulação, sistemas de transportes de materiais, equipamentos e resíduos sólidos; sistemas de renovação e controle das correntes de ar, facilidades de limpeza das superfícies e materiais; e instalações para a implementação do controle de infecções. O papel da arquitetura dos EAS na prevenção das infecções de serviços de saúde pode ser entendido no que tange às barreiras, proteções, meios e recursos físicos, funcionais e operacionais, relacionados a pessoas, ambientes, circulações, práticas, equipamentos, instalações, materiais, resíduos e fluidos.

O isolamento simplificado é uma importante conduta de prevenção e controle de infecção de serviços de saúde, que consta de duas práticas: 1) prática geral: aplicação das Precauções Universais (PU) a todos os pacientes, durante todo o período de internação, independentemente do diagnóstico do paciente; e 2) prática específica: aplica-se sempre que o paciente apresentar doença infecciosa, com possibilidade de transmissão de pessoa a pessoa e/ou colonização por germes multirresistentes. Consiste em suplementar as precauções universais com Isolamento de Bloqueio (IB) e com Precauções com Materiais

Infectantes (PMI). O isolamento de bloqueio consiste na utilização de barreiras físicas e cuidados especiais para impedir que os germes envolvidos se transmitam.

No que diz respeito à instalação de climatização (IC) por meio de ar condicionado (AC), os setores com condicionamento para fins de conforto, como salas administrativas e quartos de internação, devem ser atendidos pelos parâmetros básicos de projeto definidos na norma da ABNT NBR 6.401[2]. Os setores destinados à assepsia e conforto, tais como salas de cirurgias, UTI, berçário e nutrição parenteral, devem atender às exigências da NBR-7.256[3] (em revisão). No atendimento aos recintos citados acima, devem ser tomados os devidos cuidados, principalmente por eles envolverem trabalhos e tratamentos destinados à análise e erradicação de doenças infecciosas, devendo, portanto, ser observados os sistemas de filtragens, trocas de ar, entre outros.

Toda a compartimentação do EAS estabelecida pelo estudo arquitetônico, visando a atender à segurança do EAS e, principalmente, evitar contatos de pacientes com doenças infecciosas, deve ser respeitada quando da setorização do sistema de ar condicionado. As tomadas de ar não podem estar próximas dos dutos de exaustão de cozinhas, sanitários, laboratórios, lavanderia, centrais de gás combustível, grupos geradores, vácuo, estacionamento interno e edificação, bem como outros locais onde haja emanação de agentes infecciosos ou gases nocivos, estabelecendo-se a distância mínima de 8,00 m desses locais. O sistema de condicionamento artificial de ar necessita de insuflamento e exaustão de ar do tipo forçado, atendendo aos requisitos quanto à localização de dutos em relação aos ventiladores, pontos de exaustão do ar e tomadas do mesmo. Todo retorno de ar deve ser feito através de dutos, sendo vedado o retorno através de sistema aberto.

No atendimento de casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), em virtude da alta transmissibilidade do vírus, particularmente em ambiente hospitalar, é necessário que as unidades de isolamento sejam dotadas de um sistema de circulação que impeça que o ar contaminado seja disseminado em outros ambientes, como também no meio externo. A solução discutida para essa circulação é a utilização de fluxo unidirecional de ar, ocasionando um sistema de pressão negativa, por meio de um processo de exaustão no ambiente. Para que se consiga manter uma pressão negativa dentro da unidade de isolamento, é necessário que seja instalado um sistema que faça uma troca do ar em intervalos constantes. Isso é feito através da implantação de um aparelho de exaustão, dotado de filtro HEPA (*high efficiency particulate air*), que permite captar o contaminante no local onde é gerado e lançá-lo no meio externo, após filtragem com alta eficiência.

Para que este processo seja eficiente, é imprescindível que na unidade de isolamento (seja no quarto propriamente dito ou no seu banheiro privativo), as janelas e aberturas para o meio externo sejam vedadas, evitando que o ar contaminado se propague no meio externo sem a necessária filtragem. Para o controle da qualidade do ar interior foi adotado o conceito de eficácia comprovada, baseado na definição do fluxo unidirecional, com filtro tipo HEPA na exaustão do ar da unidade de isolamento.

[2] https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=53593
[3] https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=994

O sistema de exaustão deve ser adequadamente dimensionado, por profissional especializado, de modo a prover, no mínimo, 12 trocas de ar por hora. O fluxo de ar deverá ser unidirecional. Para tanto, o aparelho deverá ser preferencialmente instalado em posição contrária à porta de acesso ao isolamento, de modo que se consiga manter o fluxo de ar partindo do acesso atravessando o quarto, acesso do banheiro, para em seguida ser filtrado (filtro HEPA) e exaurido. O ar exaurido não poderá retornar a outros ambientes do hospital, sendo necessário que após filtragem adequada, seja expelido ao meio externo. Caso as unidades estejam implantadas em pavimentos térreos, este ar não poderá ser lançado em áreas com fluxo de pessoas, tais como: pátios, calçadas e outras áreas públicas. Havendo a necessidade de instalação de dutos de ar, estes deverão ser unidos por meio de juntas flangeadas, à prova de vazamentos. As dobras, conexões e acessórios dos dutos também deverão ser estanques.

O aparelho de exaustão deverá ser, preferencialmente, fixado na alvenaria, evitando sua instalação em esquadrias ou outras superfícies passíveis de vibração. A instalação de filtros HEPA no sistema de exaustão tem por finalidade eliminar contaminantes biológicos do ar exaurido. A vida útil desse filtro varia conforme as características do ar filtrado. A inspeção deve ser realizada, periodicamente, através de processos específicos. O filtro deverá ser substituído sempre que a pressão diferencial do fluxo de ar que o atravessa atinja 45 mmCA ou após 18 meses de uso, ainda que a pressão diferencial seja inferior a 45mmCA.

Em relação à climatização artificial de ambientes direcionados ao uso público e coletivo, deve-se atender às seguintes normas: Resolução-RE n° 09, de 16 de janeiro de 2003 (publicada no DOU nº14, de 20 de janeiro de 2003)[4]; Portaria n° 3.523, de 28 de agosto de 1998[5] e ABNT NBR 13.971 de 2014[6], as quais tratam dos sistemas de refrigeração, condicionamento de ar, ventilação, aquecimento e manutenção programada. Definem-se, por essas normas, os padrões referenciais de qualidade do ar interior, no que diz respeito à definição de valores máximos recomendáveis para contaminação biológica, química e parâmetros físicos do ar interior, bem como a identificação das fontes poluentes de natureza biológica, química e física, métodos analíticos e as recomendações para controle.

No que diz respeito à manipulação, produção e acondicionamento de insumos farmacêuticos, medicamentos, hemoderivados, de órgãos e tecidos humanos e de outros produtos para saúde, deve-se observar as seguintes normas técnicas em relação ao controle de qualidade do ar:

1. RDC 69/2014[7] - Boas Práticas de Fabricação (BPF) de insumos farmacêuticos: em seu artigo 44, assinala que o fornecimento de energia elétrica, a iluminação e o sistema de

[4] http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_1.pdf/629ee4fe-177e-4a78-8709-533f78742798? version=1.0
[5] https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523_28_08_1998.html
[6] https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=310012
[7] https://www20.anvisa.gov.br/coifa/pdf/rdc69.pdf

tratamento de ar devem ser apropriados, de modo a não afetar direta ou indiretamente a fabricação dos intermediários e dos insumos farmacêuticos ativos e o funcionamento adequado dos equipamentos.

2. Resolução nº 9, de 21 de outubro de 1999[8] - BPF de bolsas de sangue: em seu item 3.1.2 pontua que, em relação ao controle da qualidade do ar, para manutenção dos níveis de contaminação dos ambientes compatíveis com as exigências do processo, deve-se efetuar um controle sistemático das áreas de produção, equipamentos e pessoal, seguindo procedimentos escritos registrando os resultados para avaliação, acompanhamento e tomada das ações preventivas e corretivas. O controle da qualidade do ar deve ser efetuado, no mínimo, semanalmente em todos os ambientes controlados. O ar em ambientes controlados deve ter um sistema de filtragem que assegure um número máximo de partículas por metro cúbico de ar, conforme descrição: a sala de confecção e montagem deve possuir ar interno classe M7 (100.000); a sala de envase da solução anticoagulante e/ou preservadora deve ser classe M5.5 (10.000); e o envasamento das soluções deve ser feito sob fluxo laminar classe M3.5 (100).

3. RDC 23/2011[9], que dispõe sobre o regulamento técnico para o funcionamento dos bancos de células e tecidos germinativos e dá outras providências em seus artigos 56, 56, 58 e 59.

4. RDC 16/2013[10], que dispõe sobre produtos para saúde no item 5.1.3.

Em relação a outras especificidades associadas ao controle do ar interno de importância para a saúde, sugere-se que sejam consultadas as seguintes normas técnicas: Instrução Normativa n° 35 de 21/08/2019[11], que dispõe sobre as boas práticas de fabricação complementares a medicamentos estéreis; Instrução Normativa n° 37 de 21/08/2019[12], que dispõe sobre as boas práticas de fabricação complementares a medicamentos radiofármacos; RDC n° 67/07[13], que dispõe sobre boas práticas de manipulação de preparações magistrais e oficinais para uso humano em farmácias; RDC n° 55/15[14], que dispõe sobre as boas práticas em tecidos humanos para uso terapêutico; RDC n °214/18[15], que dispõe sobre as boas práticas em células humanas para uso terapêutico e pesquisa clínica, e dá outras providências; e RDC n° 72/09[16], que dispõe sobre o

---

[8] http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/1999/res0009_21_10_1999.html
[9] http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2954258/RDC_23_2011_COMP.pdf/ba335341-5993-4843-83dc-f23681690514
[10] http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0016_28_03_2013.pdf
[11] http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-35-de-21-de-agosto-de-2019-211914062
[12] http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-37-de-21-de-agosto-de-2019-211914085
[13] http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0067_08_10_2007.html
[14] https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/18112318-rdc-55-2015-boas-praticas-em-tecidos-14-12-2015.pdf
[15] http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3078078/(1)RDC_214_2018_.pdf/8acbc5cb-bca6-4725-b9de-da584e3c024a
[16] http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29RDC_72_2009_COMP.pdf/3dff4bbd-779f-43ba-821c-f48f380376fd

regulamento técnico que visa à promoção da saúde nos portos de controle sanitário instalados em território nacional e nas embarcações que por eles transitem.

Os procedimentos utilizados para controle da qualidade do ar interno de edificações, áreas ou ambientes dependem principalmente da finalidade desses locais. Sendo assim, podem variar muito e dificilmente haverá uma única prática ou conduta que seja apropriada para todas as situações. É importante observar que os procedimentos mais utilizados em áreas em que há alto risco de contaminação são o controle do fluxo de ar, com a utilização, em alguns casos, de pressão negativa; a utilização de filtros de alta eficiência (HEPA) e a exaustão do ar contaminado após a filtragem; e a separação de ambientes e áreas com maior risco e contaminação. De qualquer forma, deve-se instituir um programa de garantia da qualidade com certificação para que se possa assegurar que a qualidade do ar esteja de acordo com o propósito a que se destina o ambiente, de acordo com a legislação sanitária vigente.

B- DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO OZÔNIO

A recomendação de métodos de limpeza, desinfecção e esterilização de materiais e equipamento médico-hospitalares, assim como de superfícies, mobiliários, áreas e ambientes utilizados em atividades de saúde depende da finalidade para qual se pretende utilizar esses materiais e espaços e das características desses materiais, entre outros aspectos. A desinfecção descreve o processo que elimina a maioria dos microrganismos causadores de doença, exceto os esporos bacterianos, e compreende níveis maiores e menores de eliminação de microrganismos, a depender da finalidade. Já a esterilização se refere a processo em que todas as formas de vida microbiana (bactérias, vírus, fungos) são eliminadas ou destruídas, incluindo os esporos bacterianos. O critério racional para a escolha do procedimento a ser empregado parte da categorização dos itens a serem desinfetados ou esterilizados em críticos, semicríticos e não-críticos, de acordo com o risco de infecção associado ao seu uso (Rutala; Weber, 2019)[17].

Para itens categorizados como críticos a esterilização deve ser garantida. Objetos sensíveis ao calor devem ser esterilizados com óxido de etileno ou gás plasma de peróxido de hidrogênio ou ainda por esterilização química com agentes líquidos. Agentes químicos esterilizantes incluem formulações com concentração maior ou igual a 2,4% de glutaraldeído; solução de glutaraldeído na concentração de 0,95%; soluções de glutaraldeído na concentração de 0,95% e fenóis/fenolatos na concentração de 1,64%; peróxido de hidrogênio a 7,5%; solução de peróxido de hidrogênio a 7,35% e ácido paracético a 0,23% e solução de peróxido de hidrogênio a 1% e ácido paracético a 0,08%. A esterilidade dos itens somente será garantida se forem tratados de acordo com protocolos adequados em que se estabeleçam os tempos de contato, concentração, temperatura e pH (Rutala; Weber, 2019).

[17] Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008 Update: May 2019 William A. Rutala, Ph.D., M.P.H., David J. Weber, M.D., M.P.H., and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Disponível em https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/disinfection-guidelines-H.pdf

Itens semicríticos requerem alto nível de desinfecção ou esterilização, a depender da finalidade. Esses itens devem estar livres de todos os microrganismos, mas pequenas quantidades de esporos bacterianos poderão ser permitidas. São utilizados para essas finalidades o glutaraldeído, o peróxido de hidrogênio, o ortoftalaldeido e o ácido paracético com peróxido de hidrogênio (Rutala; Weber, 2019).

Os itens não-críticos devem passar por processo validado de desinfecção de níveis intermediário a baixo com tempos de exposição maiores ou iguais a 1 minuto. Os produtos utilizados para essa finalidade são álcool etílico ou isopropílico (70– 90%); hipoclorito de sódio (5,25 a 6,15%); solução fenólica detergente germicida; solução de iodo detergente germicida; e solução de amônio quaternário detergente germicida (Rutala; Weber, 2019).

A eficácia da desinfecção de ambientes com ozônio foi avaliada em alguns estudos, utilizando-se diferentes microrganismos, tempos e concentrações de exposição, equipamentos e metodologias. Berrington e Pedler (1998)[18] avaliaram o efeito da exposição ao ozônio por tempo de 4 a 7 horas em placas com culturas de *Staphylococcus aureus* resistentes e sensíveis à meticilina dispostas, em quarto de hospital, a diferentes distâncias do equipamento gerador do gás. Utilizaram como comparador as mesmas culturas dispostas em quarto hospitalar sem exposição ao gás. Tendo sido atingidas as concentrações de ozônio entre 0,1 e 0,15 ppm no quarto em teste, os autores relataram que o efeito dependeu da distância entre as culturas e o equipamento gerador de ozônio, de forma que, em culturas mais próximas (15 cm), observou-se diminuição limitada do crescimento bacteriano, enquanto naquelas dispostas a 3 metros, não houve diferença significativa em relação àquelas que permaneceram em quarto sem a exposição ao ozônio. Dessa forma, não consideraram o procedimento eficaz para a desinfecção do quarto hospitalar dada a ação dependente do gradiente de concentração do gás.

Já Sharma e Hudson (2008)[19] relataram um decréscimo de até 3 $\log^{10}$ em culturas de uma série de bactérias dispostas em tecidos, plástico e papel de filtro e submetidas à concentração de 25 ppm de ozônio em umidade relativa de 95% por 20 minutos em quarto hospitalar vedado ou câmara fechada. Culturas das seguintes bactérias foram avaliadas: *Bacillus cereus; Bacillus spizizenii; Clostridium difficile; MRSA; Methicillin-sensitive Staphylococcus aureus; Propionibacterium acnes; Streptococcus pyogenes; Acinetobacter baumannii; Enterococcus faecalis; Escherichia coli; Haemophilus influenzae; Klebsiella pneumoniae; Legionella pneumophila; Pseudomonas aeruginosa; Mycobacterium smegmatis*. As amostras com as culturas foram dispostas em diferentes locais no quarto e não houve diferença no decréscimo de colônias em função da localização. Relatou-se também uma diminuição de mesma magnitude em esporos de *C. difficile* e *B. Cereus*.

O tratamento de culturas de *Staphylococcus aureus* em meio líquido com o borbulhamento de ozônio a uma velocidade de 7g/h, após sonicação eliminou as culturas

---

[18] Berrington AW, Pedler SJ. Investigation of gaseous ozone for MRSA decontamination of hospital side-rooms. J Hosp Infect. 1998 Sep; 40(1):61-5. PubMed PMID: 9777523.

[19] Sharma M, Hudson JB. Ozone gas is an effective and practical antibacterial agent. Am J Infect Control. 2008 Oct;36(8):559-63. doi:10.1016/j.ajic.2007.10.021. PubMed PMID: 18926308

dos meios avaliados em relação a controles produzidos sob as mesmas condições (Estrela et al., 2006)[20]. Esse efeito de eliminação também foi identificado por Yamayoshi e Tatsumi (1993)[21] para *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina, quando tratados com soluções ozonizadas *in vitro*.

A eficácia da desinfecção de mãos após lavagem por 30 segundos com água ozonizada com concentrações entre 0,4 a 0,8 ppm do gás não foi diferente da desinfecção com álcool gel, quando se avaliou a ação específica desses dois procedimentos na desinfecção das mãos previamente tratadas com culturas de *E. coli* em 30 indivíduos. A diminuição de colônias da bactéria foi maior entre os dedos após a desinfecção com álcool gel em relação à utilização de água ozonizada (Breidablik et al., 2019[22]).

O tratamento de culturas em placas de Petri de *Escherichia coli; Staphylococcus aureus* suscetível e resistente à oxacilina; *Pseudomonas aeruginosa* suscetível a imipenem e meropenem; *Enterococcus faecalis* resistente à vancomicina; *Klebsiella pneumoniae* suscetível somente a carbapenens; *Acinetobacter baumannii* suscetível somente a carbapenens e *Acinetobacter baumannii* resistente a carbapenem, com uma mistura de 1% de gás ozônio e 99% de oxigênio medicinal correspondendo a 20 µg de O_3/mL por 5 minutos resultou na eliminação desses microrganismos em relação a controles obtidos sob as mesmas condições (Fontes *et al.*, 2012)[23].

A eficácia da exposição ao ozônio para a eliminação de vírus foi avaliada em diferentes meios, por meio de diferentes metodologias e com utilização de tempos concentrações de exposição variáveis. A utilização de ozônio foi avaliada para a descontaminação de água e efluentes de esgoto para os vírus MS2 coliphage e coxsackievirus B5[24]; para a descontaminação de efluente de esgoto em relação a adenovirus, norovirus, sapovirus, parechovirus, vírus da hepatite E, astrovirus, pecovirus, picobirnavirus, parvovirus, e gokushovirus[25] e também polyomaviruses, rotaviruses e enteroviruses[26] com resultados promissores em relação à diminuição da concentração desses microrganismos. O feito do tratamento com ozônio na inativação desses

---

[20] Estrela, C., Estrela, C. R. A., Decurcio, D. de A., Silva, J. A., & Bammann, L. L. (2006).Antimicrobial potential of ozone in an ultrasonic cleaning system against Staphylococcus aureus. Brazilian Dental Journal*, 17(2), 134–138.* doi:10.1590/s0103-64402006000200010.

[21] Yamayoshi T, Tatsumi N. Microbicidal effects of ozone solution on methicillin-resistant Staphylococcus aureus. Drugs Exp Clin Res. 1993;19(2):59-64. PubMed PMID: 8223143.

[22] Breidablik, H. J., Lysebo, D. E., Johannessen, L., Skare, Å., Andersen, J. R., & Kleiven, O. T. (2019).Ozonized water as an alternative to alcohol-based hand disinfection. Journal of Hospital Infection*.* doi:10.1016/j.jhin.2019.01.026.

[23] Fontes B, Cattani Heimbecker AM, de Souza Brito G, et al. Effect of low-dose gaseous ozone on pathogenic bacteria. *BMC Infect Dis*. 2012;12:358. Published 2012 Dec 18. doi:10.1186/1471-2334-12-358

[24] Wolf C, Pavese A, von Gunten U, Kohn T. Proxies to monitor the inactivation of viruses by ozone in surface water and wastewater effluent. Water Res. 2019 Dec 1;166:115088. doi: 10.1016/j.watres.2019.115088. Epub 2019 Sep 12. PubMed PMID: 31541791.

[25] Wang H, Sikora P, Rutgersson C, Lindh M, Brodin T, Björlenius B, Larsson DGJ, Norder H. Differential removal of human pathogenic viruses from sewage by conventional and ozone treatments. Int J Hyg Environ Health. 2018 Apr;221(3):479-488. doi: 10.1016/j.ijheh.2018.01.012. Epub 2018 Feb 1. PubMed PMID: 29402695; PubMed Central PMCID: PMC7106402.

[26] Tondera K, Klaer K, Gebhardt J, Wingender J, Koch C, Horstkott M, Strathmann M, Jurzik L, Hamza IA, Pinnekamp J. Reducing pathogens in combined sewer overflows using ozonation or UV irradiation. Int J Hyg Environ Health. 2015 Nov;218(8):731-41. doi: 10.1016/j.ijheh.2015.09.002. Epub 2015 Sep 18. PubMedPMID: 26431869.

microrganismos também foi avaliado *in vitro* em soluções tamponadas com cinco tipos de vírus entéricos coxsackievirus B5 (CVF, CVEnv1 e CVEnv2), adenovirus (HAdV), echovirus 11 (EV) e quatro bacteriófagos (MS2, Qβ, T4 e Φ174)[27] resultando em diminuição na concentração de todos os vírus testados com diferentes níveis de sensibilidade.

Para a descontaminação de água potável, o tratamento com ozônio nas concentrações de 0.5 mg/L e 1 mg/L por 10 minutos foi eficaz para eliminação *in vitro* dos vírus H5N1/H1N1[28]. A exposição de culturas celulares de rabdomiosarcoma infectadas com *enterovírus 71* (coxsackie) a concentrações de ozônio de 0,5; 1; 1,5 e 2 ppm por 1 ou 2 horas se demonstrou eficaz na eliminação do vírus das culturas celulares em relação a amostras tratadas com ar filtrado[29]. Para avaliação do efeito da exposição de ozônio na viabilidade de culturas de norovirus dispostas em superfícies plásticas em quarto de hotel, escritório e cabine de navio, foi utilizado equipamento gerador do gás para mantê-lo na concentração de 25 ppm nesses ambientes por 20 minutos a uma umidade de 70%. Após tratamento com ozônio, houve uma diminuição na concentração do vírus nas amostras, mas não eliminação por completo desses microrganismos nas superfícies plásticas[30].

Um processo de esterilização por ozônio é reconhecido pela Agência Norte-Americana de Vigilância Sanitária (*Food and Drug Administration* – FDA) para utilização em dispositivos médicos permanentes ou não descartáveis em câmaras de pequeno porte. As durações dos ciclos de estilização variam entre 4 horas a 15 minutos na faixa de temperatura de 30 a 35° C. A eficácia foi demonstrada pela diminuição da probabilidade da existência de um único microrganismo após o processo para 10^{-6}. Vários microrganismos foram avaliados, incluindo o *Geobacillus stearothermophilus*, considerado o mais resistente a procedimentos de esterilização. O processo é compatível com uma série de materiais incluindo aço inoxidável; titânio; alumínio anodizado; cerâmica; vidro; sílica; PVC; teflon; silicone; polipropileno; polietileno e acrílico. Não se reconhece a técnica para a esterilização ou desinfecção de quartos, áreas ou ambientes hospitalares (Rutala; Weber, 2019).

Dessa forma, há evidência proveniente principalmente de estudos *in vitro* de que a utilização de ozônio está associada à eliminação ou inativação de bactérias e vírus associados a importantes infecções em humanos e de importância em infecção hospitalar. A evidência de eficácia *in vitro* foi mais contundente nas avaliações conduzidas em culturas desses microrganismos em meios de cultura. Observou-se uma grande variação em relação às metodologias utilizadas nos estudos, no que diz respeito às concentrações de ozônio

---

[27] Wolf C, von Gunten U, Kohn T. Kinetics of Inactivation of Waterborne Enteric Viruses by Ozone. Environ Sci Technol. 2018 Feb 20;52(4):2170-2177. doi:10.1021/acs.est.7b05111. Epub 2018 Feb 2. PubMed PMID: 29356522.

[28] Lénès D, Deboosere N, Ménard-Szczebara F, Jossent J, Alexandre V, Machinal C, Vialette M. Assessment of the removal and inactivation of influenza viruses H5N1 and H1N1 by drinking water treatment. Water Res. 2010 Apr;44(8):2473-86. doi:10.1016/j.watres.2010.01.013. Epub 2010 Jan 25. PubMed PMID: 20149404.

[29] Lin YC, Juan HC, Cheng YC. Ozone exposure in the culture medium inhibitsenterovirus 71 virus replication and modulates cytokine production in rhabdomyosarcoma cells. Antiviral Res. 2007 Dec;76(3):241-51. Epub 2007 Aug 15.PubMed PMID: 17764758.

[30] Hudson JB, Sharma M, Petric M. Inactivation of Norovirus by ozone gas inconditions relevant to healthcare. J Hosp Infect. 2007 May;66(1):40-5. Epub 2007 Mar 12. PubMed PMID: 17350729.

utilizadas, ao tempo de exposição, às condições experimentais de pH, temperatura e umidade. A utilização de ozônio para desinfetar ou esterilizar ambientes parte de apenas dois estudos com resultados bastante limitados tanto no que se refere aos microrganismos avaliados e às condições metodológicas empregadas, não sendo possível para este último caso extrair recomendações definitivas. Por fim, é importante ressaltar que não foram encontrados estudos em que se avalie a eficácia da utilização de ozônio para eliminar ou erradicar o novo coronavirus (Sars-Cov-2) do ar, de superfícies ou de equipamentos médico-hospitalares.

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista o exposto acima, conclui-se que no Brasil há uma extensa legislação sanitária e normativa que trata da qualidade do ar em ambientes destinados à realização de atividades em saúde, inclusive em hospitais destinados ao acolhimento de indivíduos infectados. Não há recomendação expressa nesse corpo normativo a respeito da utilização de ozônio para a purificação do ar, mas recomendam-se outros procedimentos, tais como controle de fluxo do ar, utilização de diferenciais de pressão e filtros de alta eficiência. Nesse contexto, é importante que cada instituição em saúde mantenha um programa para garantia e manutenção da qualidade do ar, de acordo com as normas especificadas para cada tipo de ambiente. O ozônio é eficaz na inativação *in vitro* de uma série de microrganismos, incluindo bactérias e vírus patogênicos de importância em infecção hospitalar, mas a utilização na desinfecção ou esterilização de ambientes ou áreas hospitalares não está estabelecida.

Mais informações, acesse:
saude.gov.br/coronavirus

CORONAVÍRUS
COVID-19